

## УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ЖИДКИХ И/ИЛИ ГАЗООБРАЗНЫХ СРЕД И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ.

### Область техники

5       Изобретение относится к измерительной технике, в частности к ультразвуковым способам измерения расхода жидких и/или газообразных сред и устройствам для его осуществления.

### Предшествующий уровень техники

Известен ультразвуковой способ измерения скорости потока,  
10 основанный на работе в одном электроакустическом канале одновременно двух синхроколец, одно из которых работает по потоку, другое-против потока (Авт.св. СССР №802790, кл G 01F1/66, 1981).

Однако известный способ не обеспечивает достаточную точность измерения скорости потока, по которой можно судить о расходе  
15 жидкой и/или газообразной среды.

По технической сущности наиболее близким к предлагаемому способу является ультразвуковой частотно-импульсный способ измерения расхода, заключающийся в образовании в одном измерительном канале двух синхроколец, включающих излучение  
20 ультразвуковых колебаний по потоку измеряемой среды и против него, прием прошедших среду колебаний и преобразование их в электрический сигнал, причем в каждом синхрокольце электрические сигналы передаются по линии связи, измерение частоты следования сигналов в каждом синхрокольце и определение величины расхода  
25 производят по разности измеренных частот (см.пат. РФ №2104498, кл G01 F 1/66, от 16.02.93).

Однако известный способ не обеспечивает достаточную точность измерения расхода среды, так как измерение производится лишь по результатам анализа электрических сигналов, преобразованных от



2

ультразвуковых колебаний, прошедших напрямую от преобразователя к преобразователю, что снижает функциональные возможности способа и не дает определение скорости потока в разных точках сечения трубы.

5 Известен ультразвуковой частотно-импульсный расходомер, содержащий преобразователь расхода, выполненный в виде двух электроакустических преобразователей, установленных на измерительном участке трубопровода и связанных с электронным блоком линией связи, а также асинхронные переключатели,  
10 установленные параллельно входу и выходу линии связи (см. пат. РФ №2104498, кл G01 F 1/66, от 16.02.93).

Однако известное устройство не обеспечивает достаточную точность измерения расхода среды, так как не дает определения скорости в разных точках сечения трубы.

15 По технической сущности наиболее близким к предложенному устройству является ультразвуковой расходомер, содержащий первый и второй пьезоизлучатели, установленные на измерительном участке трубопровода под углом к его оси, усилитель мощности, через первый умножитель частоты, соединенный со вторым пьезоизлучателем,  
20 генератор непрерывных колебаний, два фильтра, первый фазовращатель, соединенный с первым входом фазометра, второй умножитель частоты, соединенный со вторым входом фазометра, выход которого соединен с индикатором, первый и второй пьезоприемники, первый и второй усилители ограничители, второй  
25 фазовращатель, модулятор и генератор прямоугольных импульсов (см. авт. св. СССР №1599659, кл G01F1/66, 22.09.87).

Однако и это известное устройство не обеспечивает высокую точность измерения расхода вещества, так как измерение производится только по одному пути прохождения ультразвуковых колебаний в



измерительном участке трубопровода и не производится по другим участкам. Поэтому не обеспечивается измерение эпюры скорости потока по сечению трубы.

Кроме того, в известных технических решениях оси диаграмм 5 направленности ультразвуковых преобразователей не перпендикулярны к продольной оси трубопровода, а внешние излучающие поверхности не совмещены с внутренней поверхностью трубопровода.

Это приводит к образованию углублений, которые искажают 10 профиль потока и накапливают загрязнения.

#### Раскрытие изобретения

В основу изобретения поставлена задача увеличение надежности и точности измерения расхода жидкой и/или газообразной среды за счет уменьшения искажений профиля жидкой и/или газообразной 15 среды и исключения загрязнений.

Эта задача решается тем, что, согласно первому изобретению, ультразвуковой способ измерения расхода жидких и/или газообразных сред включает излучение ультразвуковых колебаний по потоку или против потока измеряемой среды, прием прошедших среду колебаний 20 с преобразованием в электрические сигналы и излучение ультразвуковых колебаний против потока или по потоку измеряемой среды, прием прошедших среду колебаний с последующим преобразованием в электрические сигналы, анализ вышеуказанных электрических сигналов для определения разности времени 25 прохождения ультразвуковых колебаний по потоку и против него для вычисления расхода среды, при этом используют как минимум два обратимых электроакустических преобразователя, каждый из которых имеет диаграмму направленности с углом раствора не менее  $60^\circ$  в разных плоскостях сечения и расположен на измерительном участке



трубопровода таким образом, что ось диаграммы направленности преимущественно перпендикулярна к продольной оси трубопровода, первый обратимый электроакустический преобразователь смещен относительно второго по направлению потока на расстояние не более 5 2,5 D, где D – диаметр трубопровода, причем вышеупомянутый анализ производят как электрических сигналов, преобразованных от ультразвуковых колебаний, прошедших напрямую от преобразователя к преобразователю, так и/или электрических сигналов - от ультразвуковых колебаний, прошедших через однократное и/или 10 многократное отражение от внутренней поверхности трубопровода.

Согласно второму изобретению, ультразвуковой расходомер, содержит блок формирования и анализа электрических импульсов, электрически связанный, как минимум с двумя обратимыми электроакустическими преобразователями, каждый из которых имеет 15 диаграмму направленности излучения и приема с углом раствора не менее  $60^\circ$  в плоскостях сечения и расположен на измерительном участке трубопровода таким образом, что ось диаграммы направленности преимущественно перпендикулярна к продольной оси трубопровода, первый обратимый электроакустический 20 преобразователь смещен относительно второго по направлению потока на расстояние не более 2,5 D, где D – диаметр трубопровода, причем внешняя излучающая поверхность каждого обратимого электроакустического преобразователя преимущественно совмещена с внутренней поверхностью трубопровода, кроме того первый и второй 25 обратимые электроакустические преобразователи расположены на одной образующей трубопровода с обеспечением прохождения импульса ультразвуковых колебаний от одного к другому после n-кратного отражения, где n - целое число, не превышающее 20, от внутренней поверхности трубопровода, а также первый и второй



обратимые электроакустические преобразователи расположены на разных образующих трубопровода с обеспечением прохождения импульса ультразвуковых колебаний от одного к другому напрямую и/или после  $m$ -кратного отражения, где  $m$  - целое число, не 5 превышающее 20, от внутренней поверхности трубопровода, кроме того блок формирования и анализа электрических импульсов содержит контроллер, электрически связанный как минимум с двумя канальными приемопередатчиками, двумя АЦП, генератором импульсов, индикатором и узлом интерфейса, причем генератор 10 импульсов электрически связан с канальными приемопередатчиками, каждый из которых взаимосвязан с соответствующим АЦП и с соответствующим входом-выходом электрической связи блока формирования и анализа электрических импульсов с обратимым электроакустическим преобразователем.

15 Сущность изобретения заключается в том, что выполнение предлагаемого устройства вышеописанным образом, позволяет реализовать необходимую последовательность операций, при которой обеспечивается измерение эпюры скоростей потока по сечению трубы, что значительно повышает точность измерения.

20 Кроме того, совмещение внешней излучающей поверхности каждого электроакустического преобразователя с внутренней поверхностью трубопровода исключает образование углублений («карманов»), искажений профиля потока и загрязнений.

#### Краткое описание чертежей

25 На фиг.1 представлена конструкция предложенного устройства и его функциональная блок-схема, на фиг.2-4-варианты расположения электроакустических преобразователей.

#### Лучший вариант осуществления изобретений



Ультразвуковой способ измерения расхода жидких и/или газообразных сред включает излучение ультразвуковых колебаний по потоку или против потока измеряемой среды, прием прошедших среду колебаний с преобразованием в электрические сигналы и  
5 запоминанием их, излучение ультразвуковых колебаний против потока или по потоку измеряемой среды, прием прошедших среду колебаний с последующим преобразованием в электрические сигналы и запоминанием их, а также анализ вышеуказанных электрических сигналов для определения разности времени прохождения  
10 ультразвуковых колебаний по потоку и против него для вычисления расхода среды.

Следует отметить, что при этом используют как минимум два обратимых электроакустических преобразователя, каждый из которых имеет диаграмму направленности с углом раствора не менее  $60^\circ$  в  
15 разных плоскостях сечения и расположен на измерительном участке трубопровода таким образом, что ось диаграммы направленности преимущественно перпендикулярна к продольной оси трубопровода, первый обратимый электроакустический преобразователь смещен относительно второго по направлению потока на расстояние, не  
20 превышающее  $2,5 D$ , где  $D$  – диаметр трубопровода.

При этом анализируют электрические сигналы, преобразованные от ультразвуковых колебаний, прошедших напрямую от преобразователя к преобразователю, и/или электрические сигналы - от ультразвуковых колебаний, прошедших через однократное и/или  
25 многократное отражение от внутренней поверхности трубопровода.

Ультразвуковой расходомер содержит блок 1 формирования и анализа электрических импульсов, электрически связанный, как минимум с двумя обратимыми электроакустическими преобразователями 2 и 3, каждый из которых имеет диаграмму



7

направленности излучения и приема с углом раствора не менее  $60^\circ$  в разных плоскостях сечения и расположен на измерительном участке 4 трубопровода таким образом, что ось 5 диаграммы направленности преимущественно перпендикулярна к продольной оси 5 6 трубопровода.

Первый обратимый электроакустический преобразователь 2 смещен относительно второго по направлению потока на расстояние не более  $2,5 D$ , где  $D$  – диаметр трубопровода, и каждый из них электрически связан с блоком 1 формирования и анализа 10 электрических импульсов.

Внешняя излучающая поверхность каждого обратимого электроакустического преобразователя 2 и 3 преимущественно совмещена с внутренней поверхностью трубопровода.

Первый и второй обратимые электроакустические 15 преобразователи 2 и 3 могут быть расположены на одной образующей трубопровода с обеспечением прохождения импульса ультразвуковых колебаний от одного к другому после  $n$ -кратного отражения, где  $n$  – целое число, не превышающее «20», от внутренней поверхности трубопровода.

20 Кроме того, первый и второй обратимые электроакустические преобразователи 2 и 3 могут быть расположены на разных образующих трубопровода с обеспечением прохождения импульса ультразвуковых колебаний от одного к другому напрямую и/или после  $m$ -кратного отражения, где  $m$  – целое число, не превышающее «20», от внутренней 25 поверхности трубопровода.

Блок 1 формирования и анализа электрических импульсов содержит контроллер 7, электрически связанный как минимум с двумя канальными приемопередатчиками 8 и 9, двумя АЦП 10 и 11, генератором импульсов 12, индикатором 13 и узлом 14 интерфейса.



8

В качестве контроллера 7 может быть использован стандартный цифровой процессор обработки сигналов фирмы «Моторола» типа DSP56309. Канальные приемопередатчики 8 и 9 предназначены для приема и усиления электрических сигналов от генератора 12 и обратимых электроакустических преобразователей 2 и 3. В качестве узла 14 интерфейса может быть использована микросхема MAX 1480, фирмы «MAXIM».

Генератор 12 импульсов электрически связан с канальными приемопередатчиками 8 и 9, каждый из которых взаимосвязан с соответствующим АЦП 10 и 11 и с соответствующим входом-выходом 15-1 и 15-2 электрической связи блока 1 формирования и анализа электрических импульсов с соответствующим обратимым электроакустическим преобразователем 2 и 3.

Устройство содержит блок питания (на фиг.1 отсутствует), который может быть расположен как в блоке 1 формирования и анализа электрических импульсов, так и вне его.

В качестве обратимых электроакустических преобразователей могут быть использованы преобразователи серии MA40 японской фирмы «MURATA».

20 Устройство работает следующим образом

Согласно программе, записанной в ПЗУ контроллера 7, запускается генератор 12, с одного из выходов которого прямоугольные импульсы поступают на вход канального приемопередатчика 8, с выхода которого усиленный электрический сигнал поступает на обратимый электроакустический преобразователь 2. Последний излучает ультразвуковые колебания с диаграммой направленности, имеющей угол раствора не менее 60° в разных плоскостях сечения.



Следует отметить, что из всего пучка ультразвуковых колебаний преобразователя 2 (3), имеющего угол раствора диаграммы направленности в разных плоскостях сечения  $\alpha \geq 60^\circ$ , используют лишь те лучи, которые попадают на преобразователь 3 (2) напрямую или после «n» или «m» кратного отражения от внутренней поверхности. Ультразвуковой сигнал, прошедший по потоку измеряемой среды с однократным отражением луча 16, поступает на преобразователь 3, с выхода которого электрический сигнал поступает на каналный приемопередатчик 9, который усиливает этот сигнал и передает на АЦП 11. С выхода АЦП 11 оцифрованный сигнал поступает на контроллер 7 и сохраняется в его оперативной памяти. Аналогично после поступления импульсов с генератора 12 на второй каналный приемопередатчик 9 и с его выхода на обратимый электроакустический преобразователь 3 происходит излучение ультразвуковых колебаний против потока измеряемой среды и их поступление по обратному пути луча 16 на электроакустический преобразователь 2.

С выхода последнего электрические сигналы через вход-выход 15-1 и каналный приемопередатчик 8 поступают на АЦП 10 и далее в ОЗУ контроллера 7. В контроллере 7 производится анализ принятых электрических сигналов для определения разности времени прохождения ультразвуковых колебаний по потоку и против него. По этой разности вычисляют расход жидких и/или газообразных сред. На индикаторе 13 отображаются результат измерения расхода среды, а также различные технологические параметры. Узел 14 интерфейса служит для передачи данных с расходомера во внешнюю сеть.

В предлагаемом расходомере излучающие и приемные поверхности ультразвуковых преобразователей 2 и 3 максимально совмещены с внутренней поверхностью измерительного участка 4 трубопровода и установлены параллельно оси 6 трубопровода, что



исключает образование углублений («карманов») и искажений профиля потока.

Предлагаемая конструкция имеет и другое преимущество: из одного пучка ультразвукового импульса выделяют  $n$ -лучей, которые 5 проходят  $n$ -путей с разными задержками во времени относительно посланного сигнала, при этом реализуются  $n$ -каналов измерения, что позволяет осуществить более точное измерение расхода. В расходомере с двумя преобразователями 2 и 3, установленными на образующей трубопровода с расстоянием друг от друга, например,  $1.4$  10  $D$ , где  $D$ -диаметр трубопровода, первым придет по кратчайшему пути луч 17, отраженный от противоположной стенки трубопровода, вторыми придут два луча 18, прошедшие по трем хордам с двойным отражением от стенки трубопровода, при этом один из них пойдет по часовой стрелке, второй- против. Контроллер 7 по сдвигу времени 15 между ними вычисляет поперечные составляющие потока. Четвертым и пятым придут лучи, прошедшие четырехкратное отражение от стенок трубопровода, и т.д. Угол раствора, равный и превышающий  $60^\circ$ , выбран для того, чтобы обеспечить прохождение лучей 17 и 18 от преобразователя 2(3) к преобразователю 3(2) по хордам с двойным и 20 более отражением.

С помощью контроллера 7 вычисляют скорость в различных сечениях трубопровода, определяют эпюру потока, учитывают степень закрутки потока и с минимальной погрешностью определяют расход среды.

25 В случае установки четырех ультразвуковых преобразователей 2,3,19,20 (фиг.4) количество измерительных каналов возрастает. Выбор места взаимного расположения ультразвуковых преобразователей 2,3,19,20 определяется экспериментально и зависит от особенностей потока измеряемой среды.



### Промышленная применимость

Изложенные преимущества предлагаемых технических решений обеспечивают им возможность широкого промышленного использования в области измерительной техники для измерения расхода жидких и/или газообразных сред и может быть использовано при разработке различного типа ультразвуковых расходомеров.



## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Ультразвуковой способ измерения расхода жидких и/или газообразных сред, х а р а к т е р и з у ю щ и й с я тем, что он включает  
5 излучение ультразвуковых колебаний по потоку или против потока измеряемой среды, прием прошедших среду колебаний с преобразованием в электрические сигналы и излучение ультразвуковых колебаний против потока или по потоку измеряемой среды, прием прошедших среду колебаний с последующим  
10 преобразованием в электрические сигналы, анализ вышеуказанных электрических сигналов для определения разности времени прохождения ультразвуковых колебаний по потоку и против него для вычисления расхода среды, при этом используют как минимум два обратимых электроакустических преобразователя, каждый из которых  
15 имеет диаграмму направленности с углом раствора не менее  $60^\circ$  в разных плоскостях сечения и расположен на измерительном участке трубопровода таким образом, что ось диаграммы направленности преимущественно перпендикулярна к продольной оси трубопровода, первый обратимый электроакустический преобразователь смещен  
20 относительно второго по направлению потока на расстояние не более  $2,5 D$ , где  $D$  – диаметр трубопровода, причем вышеупомянутый анализ производят как электрических сигналов, преобразованных от ультразвуковых колебаний, прошедших напрямую от преобразователя к преобразователю, так и/или электрических сигналов - от  
25 ультразвуковых колебаний, прошедших через однократное и/или многократное отражение от внутренней поверхности трубопровода.

2. Ультразвуковой расходомер, х а р а к т е р и з у ю щ и й с я тем, что он содержит блок формирования и анализа электрических импульсов, электрически связанный, как минимум с двумя



обратимыми электроакустическими преобразователями, каждый из которых имеет диаграмму направленности излучения и приема с углом раствора не менее  $60^\circ$  в плоскостях сечения и расположен на измерительном участке трубопровода таким образом, что ось диаграммы направленности преимущественно перпендикулярна к продольной оси трубопровода, первый обратимый электроакустический преобразователь смещен относительно второго по направлению потока на расстояние не более  $2,5 D$ , где  $D$  – диаметр трубопровода, причем внешняя излучающая поверхность каждого обратимого электроакустического преобразователя преимущественно совмещена с внутренней поверхностью трубопровода.

3. Ультразвуковой расходомер по п.2, характеризующийся тем, что первый и второй обратимые электроакустические преобразователи расположены на одной образующей трубопровода с обеспечением прохождения импульса ультразвуковых колебаний от одного к другому после  $n$ -кратного отражения, где  $n$  – целое число, не превышающее 20, от внутренней поверхности трубопровода.

4. Ультразвуковой расходомер по п.2, характеризующийся тем, что первый и второй обратимые электроакустические преобразователи расположены на разных образующих трубопровода с обеспечением прохождения импульса ультразвуковых колебаний от одного к другому напрямую и/или после  $m$ -кратного отражения, где  $m$  – целое число, не превышающее 20, от внутренней поверхности трубопровода.

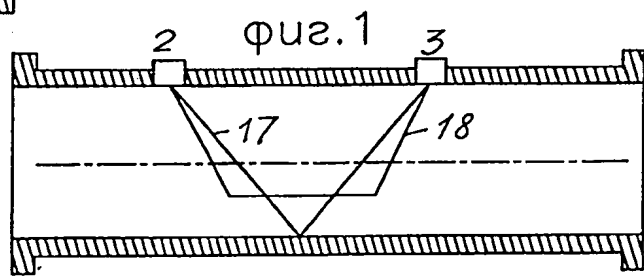
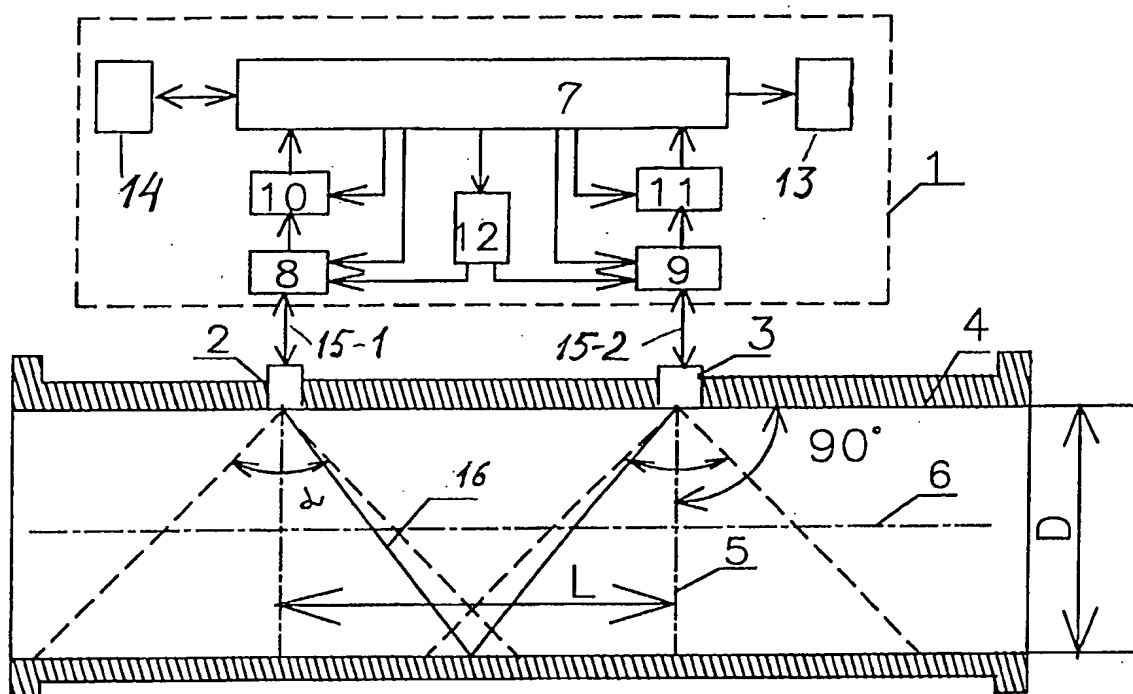
5. Ультразвуковой расходомер по п.2, характеризующийся тем, что блок формирования и анализа электрических импульсов содержит контроллер, электрически связанный как минимум с двумя канальными приемопередатчиками, двумя АЦП, генератором



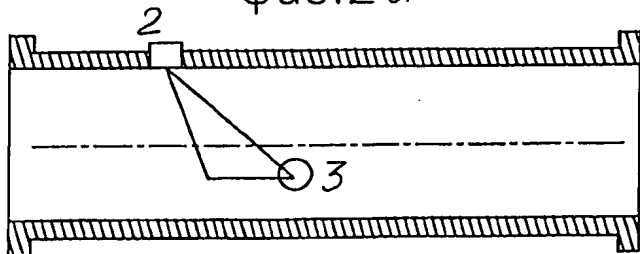
импульсов, индикатором и узлом интерфейса, причем генератор импульсов электрически связан с канальными приемопередатчиками, каждый из которых взаимосвязан с соответствующим АЦП и с соответствующим входом-выходом электрической связи блока формирования и анализа электрических импульсов с обратимым электроакустическим преобразователем.



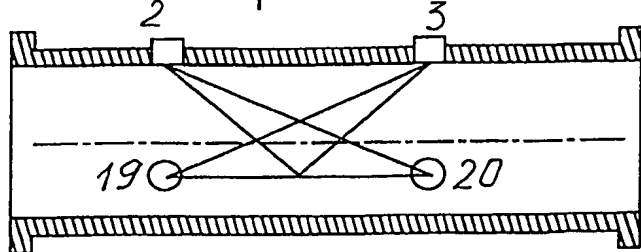
1/1



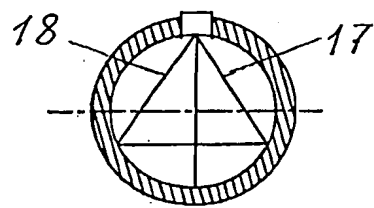
фиг. 1а



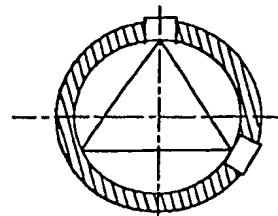
фиг. 2а



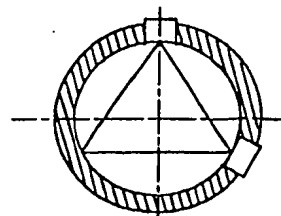
фиг. 3а



фиг. 2б



фиг. 3б



фиг. 4б